

2005S2-003 「放射光X線回折による磁場誘起相転移の研究」

実験組織 研究代表者 有馬孝尚(東北大学多元物質科学研究所)

東北大・多元研(野田グループ)、東北大・理(村上グループ)、KEK・物構研(澤グループ)、東大・工(十倉グループ)、東大・先端(宮野グループ)、早稲田大・理工(勝藤グループ)

課題有効期間 2005年10月～2008年9月までの3年間

研究目的

強磁場下での非共鳴および共鳴X線散乱手法を用いることにより、さまざまな磁場誘起相転移現象に伴う結晶構造・電子構造・スピン構造の微小な変化を検出し、相転移機構を明らかにする

実験ステーション BL-16A1(~2006.6), BL-3A(2007.1~), BL-4C

2006年の研究進捗状況

16Aから3Aへの移設に伴い、強磁場X線散乱測定システムも3Aへ移動した。2007年2月に立ち上げを行い、現在、順調に稼動している。下記に2006年に行った研究による代表的な成果を記す。

1) 層状銅酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ ($x=1/8$) のストライプ秩序に対する磁場効果

高温超伝導を示す銅酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ は $x=1/8$ において超伝導が抑制され、ストライプ短距離秩序が生じる。CuO₂面に垂直に磁場を印加することで、磁場印加によるストライプの相関長が成長するとともに、整合波数へ接近することが明らかになった。

2) ペロブスカイト型バナジウム酸化物 DyVO_3 における磁場誘起軌道秩序転移

DyVO_3 (室温で Pbnm)は温度降下に伴い、195K、112K、64K、22Kの4つの温度で相転移を起こす。(401)反射強度の温度変化を測定した結果、22K以下および64Kから195Kの間でG型反強磁性が現れることが明らかになった。*b*軸方向に磁場を印加した状態での回折実験を行い、磁化測定およびラマン散乱分光と比することで磁場温度平面における軌道秩序の相図を作製した。22Kから64Kの間に存在していた別の軌道秩序相(C型)が磁場印加によって消失することが明らかとなった。

3) スピネル型酸化物における磁場誘起軌道相転移と巨大磁歪

スピネル型バナジウム酸化物 MnV_2O_4 は、50K付近でフェリ磁性転移を起こすと同時に立方晶から正方晶へと転移する。磁場中回折実験より、転移温度直上で磁場を印加すると軌道秩序が生じることがわかった。さらに、低温正方晶では磁場印加方向に*c*軸が向いたドメインのみになるという強弾性的な振る舞いが発見された。

4) ペロブスカイト型マンガン酸化物薄膜における電荷・軌道整列の磁場印加による融解

SrTiO_3 (110)基板上に成長させた $\text{Nd}_{1/2}\text{Sr}_{1/2}\text{MnO}_3$ 薄膜はバルクと同様の電荷軌道整列転移および巨大磁気抵抗効果を示す。しかし、放射光回折実験によって、無磁場下での冷却過程では強磁性金属相からA型反強磁性相に一度転移した後に電荷・軌道整列状態に転移することがわかった。これはバルクの場合とは異なる逐次相転移である。ここに磁場を印加すると、A型反強磁性相が消失し、薄膜の一部のみが金属的になる相共存状態となる。この2相共存状態が巨大な負磁気抵抗を発現させていることが明らかになった。

なお、現在 BL-3A では、移相子を立ち上げ中である。立ち上げ後、入射光の偏光状態を操作した多極子秩序の測定などを計画している。

発表論文

- Y. Uozu et al., “Intrinsic Colossal Magnetoresistance Effect in Thin-Film $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$ through Dimensionality Switching”, Phys. Rev. Lett. **97**, 037202 (2006).
- T. Arima et al., “Spin-Lattice Coupling in Ferroelectric Spiral Magnets: Comparison between the Cases of $(\text{Tb,Dy})\text{MnO}_3$ and CoCr_2O_4 ”, J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 023602 (2007).
- T. Suzuki et al., “Orbital Ordering and Magnetic-field Effect in MnV_2O_4 ”, to appear in Phys. Rev. Lett. **98** (2007).